

CENTRUM VOOR AGROBIOLOGISCH ONDERZOEK
WAGENINGEN

BEPALING VAN GRONDBEDEKKING EN BIOMASSA
MET BEHULP VAN EEN REFLECTIEMETER

D. Uenk

CABO-verslag nr. 41

1982

16d'30d.

<u>INHOUD</u>	<u>BLZ</u>
Inleiding	1
Beschrijving van de apparatuur	1
Proefopzet	2
Bespreking van de meetresultaten	3
Conclusies en aanbevelingen	5
Literatuur	7
Afbeeldingen en figuren	8

INLEIDING

In 1973 en 1974 zijn met een spectrometer op de proefboerderij Droevendaal te Wageningen en in 1975 met Multi Spectrale vluchten in O. Flevoland en een graslandgebied in de omgeving van Havelte waarnemingen verricht over reflecties van gewassen in verschillende groeistadia en de daarbij behorende verse biomassa. (Bunnik, 1978; Van Kasteren en Uenk, 1975; Uenk e.a. 1977). Daarbij kwam ondermeer naar voren dat uit waarnemingen in een beperkt aantal kanalen van het spectrum (rood, groen en infrarood) verschillende landbouwkundige grootheden zoals de biomassa, de grondbedekking en het vochtgehalte van de grond zijn af te leiden.

Het voordeel van deze meetmethode zou zijn dat daarmee de genoemde landbouwkundige grootheden op niet destructieve wijze bepaald kunnen worden. De voor deze reflectiemetingen gebruikte apparatuur is kostbaar en onhandig. Daarom is een eenvoudiger draagbaar apparaat ontwikkeld waarmee gemakkelijk in het veld gemeten kan worden.

In dit verslag wordt dit apparaat beschreven en wordt een overzicht gegeven van de met dit apparaat tot nu toe verkregen resultaten bij een aantal gewassen.

BESCHRIJVING VAN DE APPARATUUR

De eerst ontwikkelde reflectiemeter bestond uit een meetkop met 3 naast elkaar opgestelde lichtgevoelige cellen, met voor elke cel een ander kleurfilter (rood, groen en infrarood) en uit een versterkerkast. Het ontvangen signaal is direct af te lezen als getal in een venster op de versterkerkast (digital display) (zie afb. II). Omdat dit signaal van de belichtingssterkte afhangt moet het vergeleken worden met een referentiewaarde. Dit gebeurt door regelmatig te meten aan een doffe witte plaat als referentieobject.

Een groot nadeel van deze meetmethode is het veelvuldig voorkomen van wisselend bewolkt weer. In de tijd die er ligt tussen het meten van de witte plaat en het object (ongeveer 30 sec.) kan de lichtintensiteit sterk veranderen, zodat de metingen aan de witte plaat niet meer als referentie kunnen dienen.

In verband hiermee is besloten een ander apparaat te bouwen dat nageoeg gelijktijdig de invallende straling en de gereflecteerde straling meet. De referentiemeting aan de witte plaat is dan overbodig geworden. In samenwerking met de Technische en Fysische Dienst voor de Landbouw (TFDL) is toen het hieronder beschreven apparaat gebouwd (zie afb. I). Het bestaat uit twee silicium cellen, waarvan een naar boven is gericht en de andere naar beneden. Hier omheen draait een trommel (zie afb. III) waarop drie filters onder een hoek van 120° ten op zichte van elkaar, gemonteerd zijn: een groen filter (548 nm, met een bandbreedte van 80 nm), een rood filter (654 nm, met een bandbreedte van 31 nm) en een infrarood filter (823 nm, met een bandbreedte van 31 nm).

In één rotatie van de trommel (elektronisch geregeld) wordt afwisselend het ingestraalde en het gereflecteerde licht van het gewas gemeten (rotatiesnelheid van de trommel is 2 omwentelingen per seconde). De invallende straling wordt gemeten door een diffusor kapje. Dit kapje heeft door zijn constructie de eigenschap dat het invallend licht uit alle richtingen van de hemelbol, gelijkmatig over de detector wordt verdeeld. De

gemeten waarden worden opgeslagen in een geheugen en daarna uitgevoerd naar een programmeerbare rekenmachine HP 19 C (zie afb. IV). Deze kan de gemeten waarden (naar wens) omrekenen naar reflectie-factoren. De meetwaarden die de rekenmachine afdruckt, zijn geen reflectiepercentages maar getallen die aan het apparaat "eigen" zijn en dus ook niet vergeleken kunnen worden met die van een andere reflectiemeter, tenzij ijkingen gedaan worden aan een referentieobject. Het is ook mogelijk om een aantal meetuitkomsten te bewaren en deze te middelen alvorens ze af te drukken. Het geheel wordt gevoed door een 12 volts herlaadbare batterij. De rekenmachine heeft een aparte voeding ook met herlaadbare batterijen.

Met dit instrument hebben we handzame methoden voorhanden om niet destructief bedekkingsmetingen en biomassa-schattingen te doen. De conclusies uit het verslag van een HTS-stagiair die de technische kanten van het apparaat heeft doorgelicht, komen in het kort hierop neer:

- De kleurfilters voldoen aan de opgegeven specificaties;
- De invloed van de meethoogte is nihil;
De invloed van de kijkhoek is tot op ongeveer 15° met de normaal verwaarloosbaar, zodat de meetkop "op het oog" loodrecht gehouden kan worden zonder dat hierdoor ernstige meetfouten ontstaan.
- De invloed van de zonnestand is, gemeten op een heldere zonnige dag, verwaarloosbaar, indien niet bij al te lage zonnstanden gemeten wordt. Zaak is wel dat men bij zonnig weer de stok met de meetkop dwars op de zon houdt, en niet met de zon mee of er tegen in om ongelijke belichting van object en diffusorkapje te voorkomen.
- De metingen bleken redelijk onafhankelijk te zijn van het weer. De metingen op zonnige dagen verschillen weliswaar systematisch van de metingen op dagen met egale bewolking maar de verschillen zijn klein ten opzichte van de totale meet onnauwkeurigheid.

Hieruit concludeert Van Ham dat de biomassameter voldoet aan de specificaties.

PROEFOPZET

In 1980 is een groot aantal metingen met deze reflectiemeter verricht, om enerzijds de praktische bruikbaarheid te testen en anderzijds de relatie tussen reflectiefactoren en groei van gewassen te onderzoeken. Er is gemeten op bestaande proefvelden in O. Flevoland aan verschillende landbouwgewassen en enkele kale velden. De groei van de gewassen werd vervolgd door op de meetdagen verschillende gegevens te verzamelen, zoals bedekkingspercentage van de grond, de hoogte en het versgewicht per m^2 ,

Het bedekkingspercentage van de grond is op 3 manieren bepaald:

- Op het oog geschat;
- Door loodrecht dia's te maken waarop later de bedekking gemeten is.
- Met de loupemethode, een apparaat waarbij door een loupe met kruisdraad op de grond is waar te nemen of er gewas dan wel grond te zien is. Door dit op verschillende plaatsen in het veld te doen is een betrouwbare bedekkingsmeting te doen.

Door deze 3 methoden te combineren is tot een goede bedekkingsgraad van de grond te komen. Ook het vochtpercentage van de grond onder de gewassen is bepaald. Van de kale veldjes, beide in het najaar geploegd en één in maart bewerkt als zaaibed, zijn ook vochtpercentages bepaald. De

vochtpercentage bepalingen zijn gedaan aan het bovenste laagje, van 0-0,5 cm. Deze kale veldjes zijn aangelegd om in de loop van het seizoen de mate van verslemping na te gaan.

Eén of tweemaal in de week werd de reflectie van alle velden gemeten. Daarbij werd over minimaal 6 meetplekken gemiddeld gemeten. De gemeten oppervlakte per meetplek bedraagt 1,7 m² bij een meethoogte van 2 m (zie afb. V).

BESPREKING VAN DE MEETRESULTATEN

In figuur 1 zijn naast het versgewicht van Italiaans raigras in de loop van het groeiseizoen ook de reflecties voor infrarood (IR), rood (RO) en groen licht (GR) uitgezet tegen de tijd. Ook het quotiënt $\frac{GR \times IR}{RO}$ is uitgezet. Uit onderzoek van Bunnik (1978) is gebleken dat dit quotiënt een goede aanwijzing kan geven voor de biomassa. Er moet opgemerkt worden dat het gras is ingezaaid op rijtjes en er niet met een gesloten zode begonnen is. Vergelijking van de lijnen voor IR en voor $\frac{GR \times IR}{RO}$ laat zien dat deze een vrijwel gelijksoortig verloop hebben. Dit geldt ook voor de andere gewassen, zodat we in het vervolg alleen de IR lijn gebruiken.

Ook de GR en RO reflecties blijken zeer sterk gecorreleerd. Daarom wordt in de volgende grafieken naast het IR alleen de RO reflectie uitgezet.

Uit figuur 1 blijkt dat het versgewicht lange tijd gelijk oploopt met de IR reflectie. Als het gewas na half juli begint te legeren, blijft de reflectie constant zodat we kunnen vaststellen dat men voor een dicht gewas terug moet vallen op de destructieve methode van biomassa-bepaling. Opvallend is dat de RO reflectie al in de tweede helft van juni niet meer reageert op groei en constant is geworden.

Ook tussen de IR reflectie en de bedekking bestaat een goede correlatie (fig. 2). De IR reflectie blijft oplopen totdat het gewas een volledige bedekking bereikt heeft.

De RO reflectie is reeds bij 60% bedekking op zijn minimale niveau. In het begin van de meetcyclus in mei, als de bedekking van de gewassen nog laag is en we door het gewas ook kale grond meten, zien we nogal eens een wisselende reflectie. Deze ontstaat doordat er de ene keer aan een natte grond en de andere keer aan een droge grond is gemeten.

De metingen in figuur 1 en 2 zijn gedaan aan een eenjarig gewas waarvan in de loop van het groeiseizoen de bedekking steeds hoger werd.

Figuur 3 toont de gegevens van metingen aan meerjarig gras met een dichte zode. In deze situatie blijkt dat de correlatie bij toename van het versgewicht verdwenen is. De vermoedelijke oorzaak hiervan is, dat wanneer er aan een volledig dichte zode, boven een bepaalde biomassa (hier 5700 kg vers per ha) gemeten wordt er geen toename meer in de reflectie plaatsvindt. Hierover zal in een volgend seizoen nader onderzoek verricht moeten worden.

Ook bij erwten (fig. 4) treedt eenzelfde tendens op als bij gras: in het begin een wat schommelende reflectie door een wisselend droge of natte bodem. De piek in het RO en de daling in het IR omstreeks half juni zijn vermoedelijk ontstaan doordat er op deze dag laat gemeten is (omstreeks 19.00 uur). Op andere meetdagen werd meestal voor in de middag gemeten. Ook bij de andere gewassen is dit verschijnsel zichtbaar. Verder zien we dat

naarmate de erwten afsterven en verkleuren, de IR reflectie terugloopt en de RO reflectie weer omhoog gaat.

Bij uien (fig. 5) blijkt dat pas begin juli de bedekking en het versgewicht wat beginnen toe te nemen, al komt de bedekking bij dit gewas niet boven de 60% uit, toch wordt er nog een behoorlijke bladmassa gevormd. De IR reflectie bereikt geen hoge waarde, maar correleert goed met zowel bedekking als versgewicht.

Ook bij bieten en aardappelen (fig. 6 en 7) zien we net als bij gras dat de RO reflectie minder wordt en eerder zijn minimumwaarde bereikt dan de IR reflectie die in de loop van het groeiseizoen oploopt en langer blijft doorstijgen.

In zomertarwe (fig. 8) liep de bedekking dit jaar niet verder op dan tot ongeveer 70 %, wat eveneens tot uiting komt in de IR en RO reflecties. Ook hier zien we dat wanneer een gewas niet tot een volledige grondbedekking komt (net als uien) de IR reflectie niet zo hoog oploopt, terwijl het versgewicht hier nog wel stijgt.

Haver (fig. 9). vertoont hetzelfde beeld als zomertarwe; begin juni is de IR reflectie al maximaal en gelijktijdig is de RO reflectie minimaal. Wat opvalt in vergelijking met de andere gewassen is dat, terwijl de bedekking nog toeneemt de IR reflectie als gestabiliseerd is. Het verschijnen van de pluim (begin juli) heeft geen invloed op de IR en RO reflectie. In de tweede helft van augustus (na afsterving van het blad) is de verkleuring van het gewas als geheel wel in het RO zichtbaar, terwijl het IR niet meer verandert.

Ook gerst (fig. 10) toont een met de andere granen vergelijkbaar beeld. Wat bij de granen opvalt ten opzichte van de andere gewassen is dat de RO en IR reflectie op het zelfde tijdstip zijn minimum respectievelijk maximumwaarde bereikt heeft. Anders is dit bij bieten, aardappels en gras. Hierbij blijft de IR reflectie nog toenemen als de RO reflectie al minimaal is.

Figuur 11 toont reflectielijnen in het RO en IR van een kale grond (geëgd veldje). Tevens is hier aangegeven op welke meetdagen we aan een nat of droog grondoppervlak gemeten hebben. Op een natte dag ligt de reflectie zowel in het RO als in het IR lager dan op een droge dag. Vergelijken we de metingen aan de droge grond in de periode eind mei - begin juni, als de grond nog niet verslempd is, met de metingen in de droge periode eind juli - begin augustus wanneer de grond wel verslempd is, dan zien we dat de reflectie zowel in het RO als in het IR is opgelopen.

In figuur 12 zijn ook reflectielijnen van de geploegde grond uitgezet. Er is weinig verschil te vinden met de reflectie van het geëgd veldje. Wat opvalt is dat tot half juni de reflectie van het geploegde veld boven die van het geëgd veld ligt, maar dat daarna de reflecties van het geëgd veldje zowel in het RO als in het IR wat hoger liggen. Het geploegde veld was reeds gedurende de winter verslempd en houdt het hele seizoen een bij zijn karakteristieke ruwheid passend reflectieniveau. In het voorjaar is het andere veld geëgd en daardoor donkerder door zijn kluitige structuur. Na de regenperiode in juni - juli is dit veld verslempd tot een meer reflecterend vlakker object.

Figuur 13 laat zien dat de reflectie van kale gronden zuiver reageert op de kleur. Een natte grond is donkerder dan een droge. De gevoeligheid voor de tussenliggende vochttrappen is echter zeer gering doordat ook de ruwheid, de verslemping, het humusgehalte enz. een behoorlijke invloed hebben op het reflectieniveau.

In figuur 14 en 15 is de IR reflectie van de verschillende gewassen bij elkaar uitgezet. Het onderscheidelijke groeiritme komt daarbij mooi tot

Tabel 1. Correlaties tussen reflectie en verse massa over het hele groeiseizoen.

Gewas	Aantal meet dg.	Periode van-tot	IR-vers	RO-vers	Bed-vers	IR-bed	RO-bed	IR-RO
Gras	19	13/6-12/8	0,87	-0,29	0,80	0,93	-0,70	-0,52
Erwten	20	20/5- 8/1	0,70	-0,77	0,87	0,92	-0,94	-0,91
Uien	20	13/6-15/8	0,95	-0,74	0,99	0,94	-0,77	-0,63
Bieten	20	13/6-15/8	0,93	-0,66	0,91	0,96	-0,87	-0,80
Aard.	20	13/6-15/8	0,97	-0,74	0,98	0,97	-0,80	-0,70
Z. tarwe	20	20/5- 1/8	0,41	-0,80	0,89	0,72	-0,94	-0,71
Haver	20	20/5- 1/8	0,74	-0,80	0,94	0,83	-0,87	-0,86
Gerst	20	20/5- 1/8	0,57	-0,44	0,92	0,76	-0,58	-0,54

Tabel 2. Correlatie tussen reflectie en verse massa over de periode van nagenoeg lineair verband.

Gewas	Aantal meet dg.	Periode van-tot	IR-vers	RO-vers	Bed-vers	IR-bed	RO-bed	IR-RO
Gras	14	13/6-25/7	0,97	-0,47	0,86	0,92	-0,78	-0,56
Erwten	13	20/5- 4/7	0,91	-0,84	0,90	0,98	-0,94	-0,93
Uien	12	20/6-29/7	0,97	-0,88	0,98	0,99	-0,81	-0,76
Bieten	16	20/6-12/8	0,91	-0,65	0,95	0,97	-0,82	-0,84
Aard.	12	13/6-18/7	0,99	-0,50	0,99	0,96	-0,57	-0,44
Z. tarwe	14	20/5-11/7	0,75	-0,89	0,94	0,88	-0,94	-0,80
Haver	17	20/5-22/7	0,76	-0,81	0,92	0,88	-0,91	-0,87
Gerst	11	20/5-27/6	0,73	-0,86	0,95	0,82	-0,87	-0,79

uiting. Ook in de tweede helft van juli, de periode van maximale bedekking voor alle gewassen, zijn nog flinke verschillen in reflectie tussen gewassen waarneembaar.

De reflectie is duidelijk gewas specifiek. Dit betekent dat de gewassen herkenbaar zijn aan hun reflectie, maar houdt ook in dat de gevonden relaties tussen bedekkingsgraad en reflectie alleen geldig zijn voor het betreffende gewas.

In tabel 1 en 2 is een overzicht gegeven van de onderlinge correlaties tussen gewas en reflectie-parameters.

De hoogste correlaties worden in het algemeen gevonden tussen IR en de bedekking. De correlaties tussen IR en versgewicht zijn meestal iets lager en in orde van grootte vergelijkbaar met de correlaties tussen versgewicht en bedekking. De correlaties tussen RO en versgewicht of bedekking zijn voor de meeste gewassen slechter. Maar voor de granen vinden we een uitzondering. Voor deze gewassen is de correlatie RO-bedekking de belangrijkste.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De bedekking en het versgewicht correleren het beste met de IR reflectie. In feite zijn de gegevens die de IR reflecties ons verschaffen al

voldoende om mee te werken. De GR en RO reflecties lijken erg op elkaar (alleen een niveauverschil van ongeveer 25 schaaldelen) zodat in de grafieken alleen de RO reflectielijn is weergegeven. Een vergelijking tussen de RO en de IR reflectie laat zien dat de waarden van het RO dalen naarmate de biomassa stijgt en al vrij vroeg in het groeiseizoen zijn minimum bereikt.

De IR reflectie daarentegen, loopt op en blijft veel langer de bedekkingstijging volgen. Vandaar de conclusie dat alleen de IR reflectie al voldoende is. Ook het quotiënt $\frac{GR \times IR}{RO}$ laat in onze grafieken geen wezenlijke verbetering zien.

Bij het meten aan dichte graszodes zien we geen verschil in reflectie optreden, ondanks behoorlijke biomassa-verschillen. Misschien dat er bij wat lagere biomassa's wel verschillen in reflectie optreden. Hierover zal in de toekomst meer onderzoek gedaan moeten worden.

In het begin van de meetcyclus, als de gewassen de grond nog niet volledig bedekt hebben, zien we pieken en dalen in de reflecties van het RO en IR optreden. Deze zijn ontstaan door verschillen in vochtgehalte van de bovengrond.

Hieruit moet geconcludeerd worden dat voor praktische toepassing zoveel mogelijk onder gelijke omstandigheden dient te worden gemeten. Of we dit jaar gevonden verbanden als ijklijnen voor de betreffende gewassoorten mogen gebruiken is twijfelachtig. Toch is de conclusie gerechtvaardigd dat door reflectiemetingen het aantal benodigde destructieve monsternames beperkt kan worden. Gras, erwten, bieten en aardappelen zijn de gewassen waarbij de hoogste correlatie gehaald worden. Voor zijn ze ook hoog, maar hierbij kunnen toch wel wat moeilijkheden ontstaan, doordat dit een enorm open gewas is, waarbij de ondergrond een erg grote rol speelt.

Bij de granen bereiken de reflectiecurves al vrij vroeg in het groeiseizoen hun hoogste of laagste punt; terwijl op dat moment het versgewicht en de bedekking nog toenemen.

Een vochtpercentage van de grond vaststellen aan de hand van reflectie lijkt niet mogelijk.

Wel zijn de uittersten waar te nemen, of een grond droog of nat is. De reflectielijnen van het geploegde veldje en van het geëgde kruisen elkaar halverwege het seizoen. Dit is een gevolg van verslemping.

Ook het verschil in reflectieniveau aan het begin en aan het eind van het seizoen tussen de twee kale veldjes kan door verslemping ontstaan.

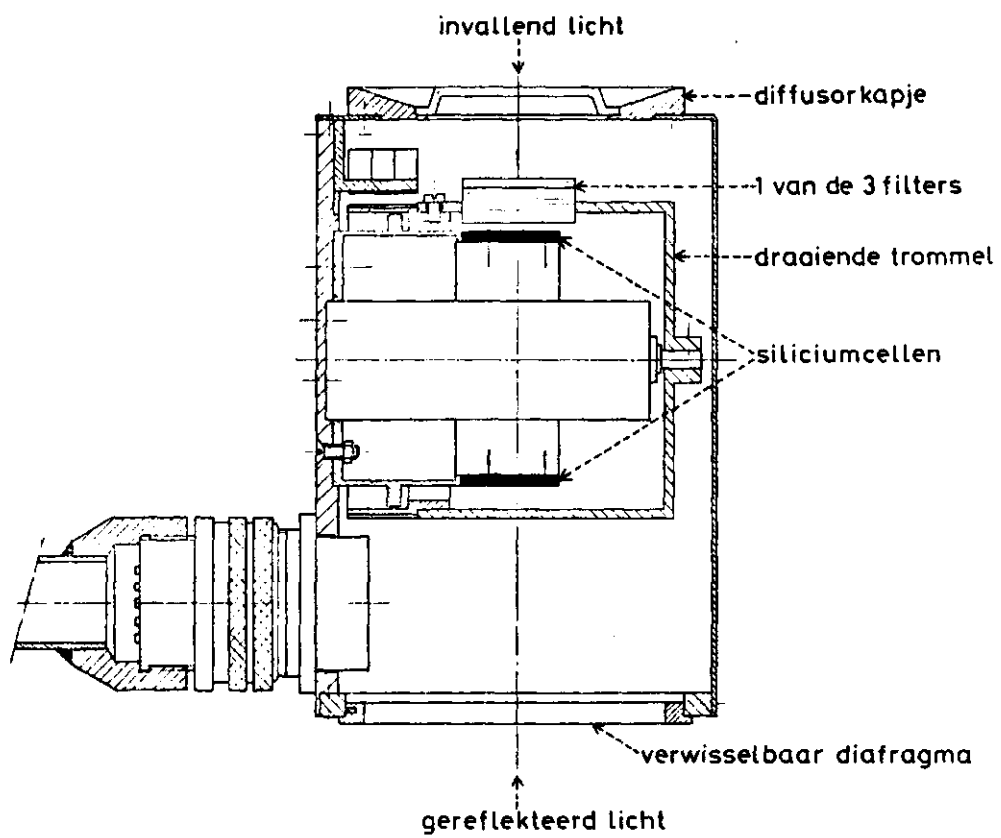
Over de samenhang tussen reflectie en toestand van de bovengrond is nog verder onderzoek gewenst.

Resumerend kan gezegd worden:

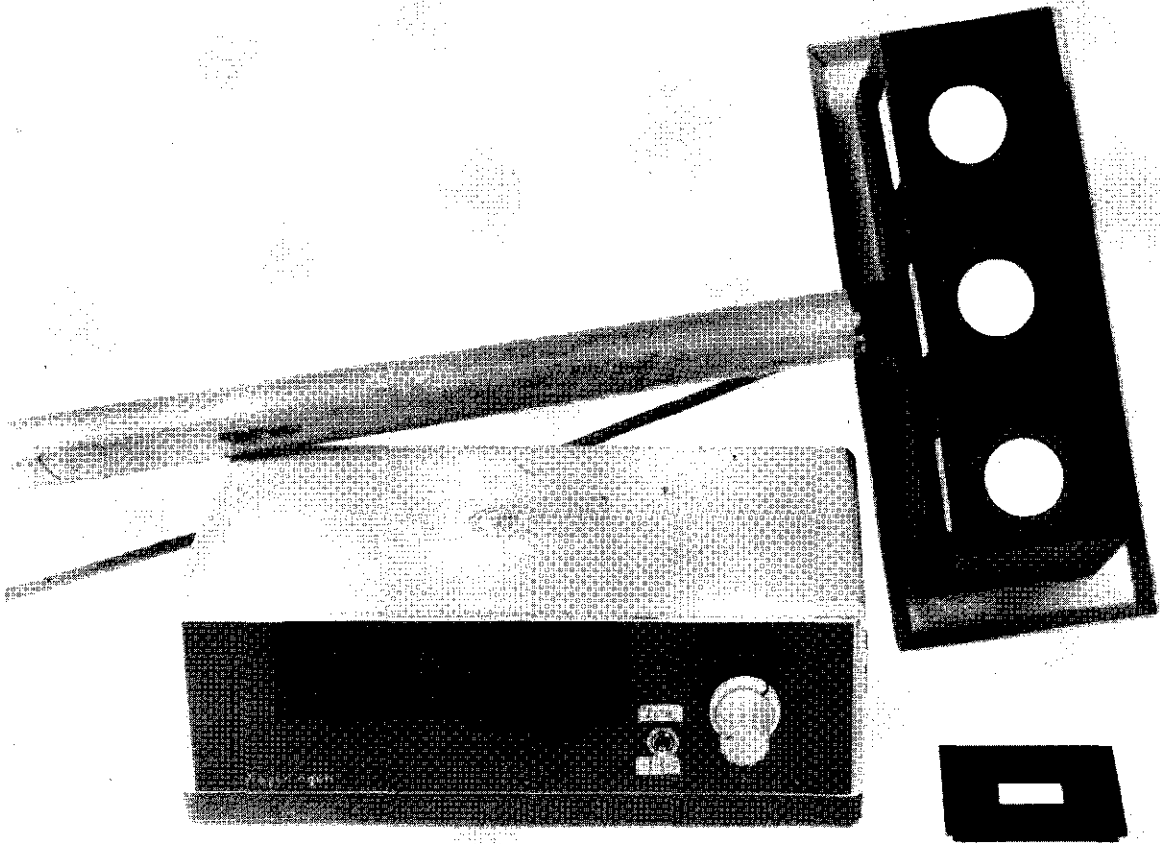
Op grond van de nu verkregen resultaten kan geconcludeerd worden dat reflectiemetingen geschikt zijn om het tijdrovende meten van bedekking en het bepalen van versgewichten grotendeels te vervangen. Omdat de "biomassameter" beter reageert op de bedekkingsgraad van een gewas dan op de biomassa, lijkt het verstandig om de benaming van het apparaat te veranderen in bedekkingmeter of reflectiemeter.

LITERATUUR

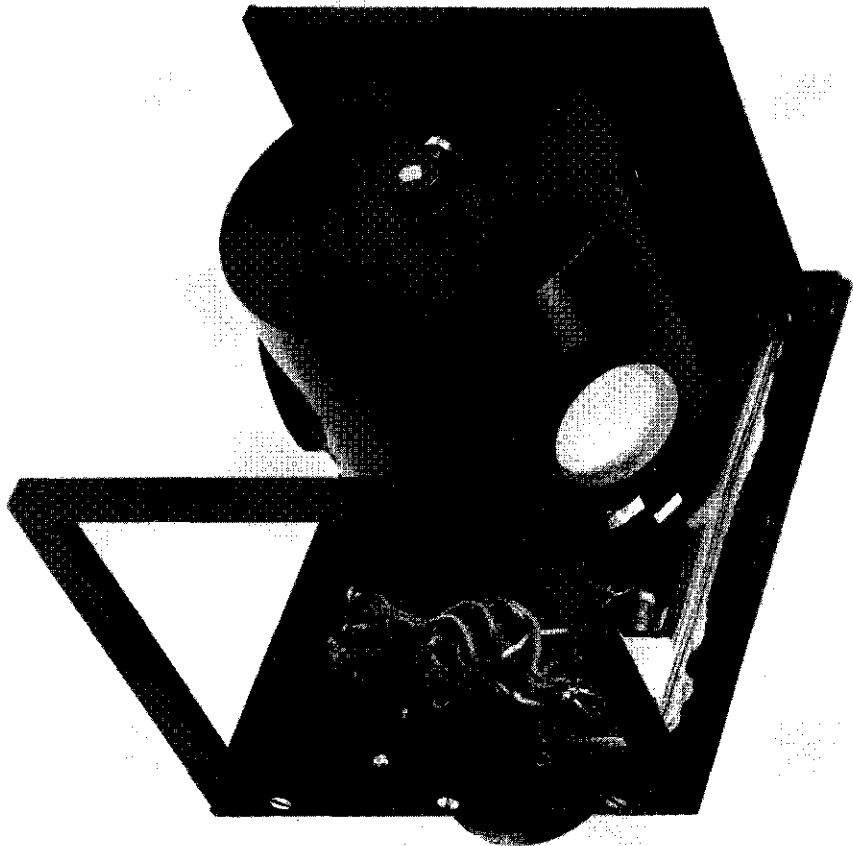
- BECK, R.: Standing crop schattingen met behulp van gereflecteerd rood en nabij -infrarood licht van kwelder vegetaties op Schiermonnikoog en Terschelling. Doctoraalverslag ITC Enschede en LH Wageningen, 1979.
- BOER, Th.A. de: Remote sensing als hulpmiddel bij gewas en vegetatiestudies. Cultuurtechnisch Tijdschrift 19 (1980) 258-267.
- BOER, Th.A. de: Reflectie van licht als middel om eigenschappen van begroeiingen te onderkennen. Verslag van het symposium luchtwaarnemingen. 1 en 2 sept. 1977, Ned. Ver. voor Fotonica, 106-114.
- BUNNIK, N.J.J.: Non-destructieve bepaling van gewaseigenschappen met behulp van multispectrale scanning. Verslag van het symposium luchtwaarneming 1 en 2 sept. 1977, uitg. Ned. Ver. voor Fotonica, 226-251.
- BUNNIK, N.J.J.: The multispectral reflectance of shortwave radiation by agricultural crops in relation with their morphological and optical properties. Proefschrift, uitgever: H. Veenman en Zonen B.V., Wageningen, 1978.
- HAM, R.A.M. van: Metingen met een biomassameter. CABO stage-verslag, 1981.
- KASTEREN, H.W.J. van en D. UENK: Spectrale reflectie van enige landbouwgewassen in relatie tot hun aard en structurele opbouw. Niwars publicatie nr. 32, 1975.
- KASTEREN, H.J.W. van: A Spectrometer to determine soil coverage and biomass in situ. Proc. Internat. Coll. Spectral Signature of objects in remote sensing, Avignon, Sept. 1981, 125-132.
- D. UENK, H.W.J. van KASTEREN en Th.A. de BOER: Onderzoek naar toepassingsmogelijkheden van Multispectrale Scanning. Niwars Publicatie no. 44, 1979.



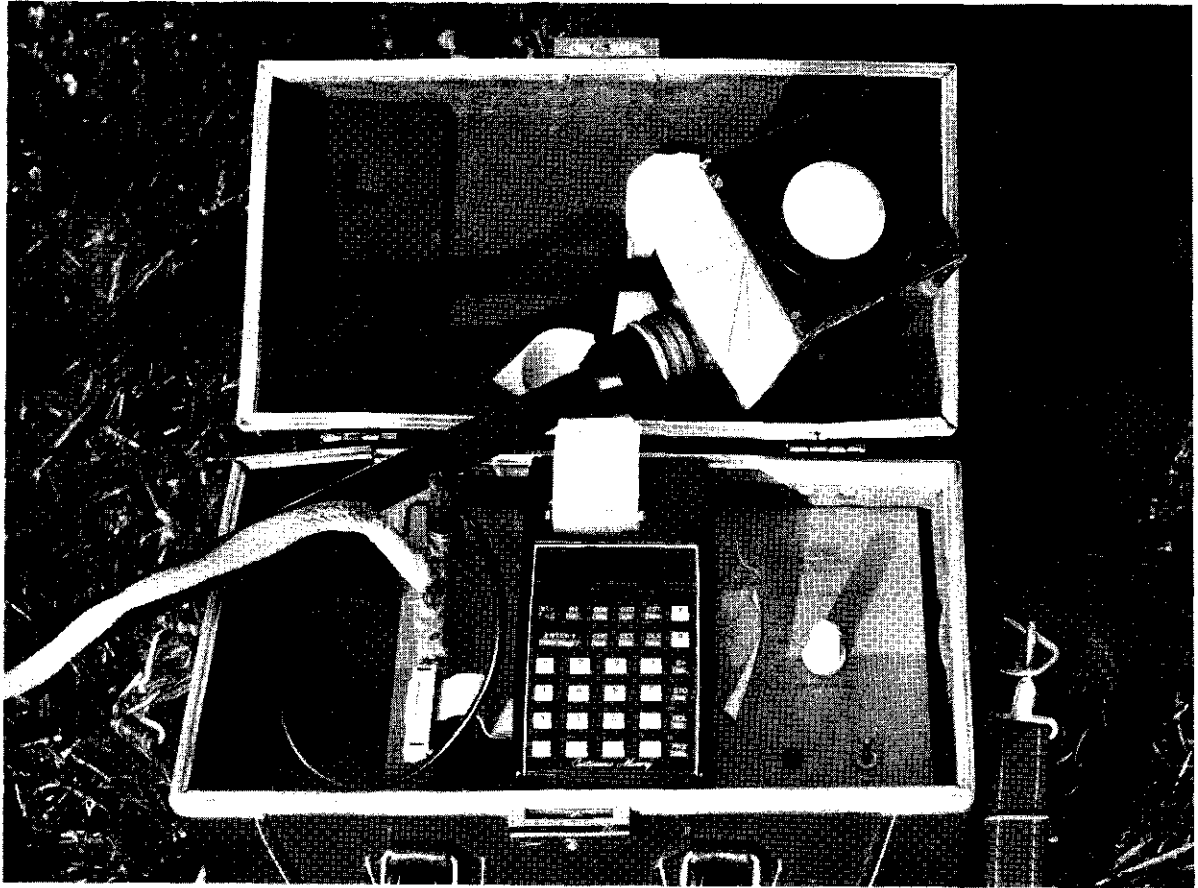
Afbeelding I. Meetkop van de reflectiemeter.



Afbeelding II Meetkop en versterkerkast met afleesvenster.



Afbeelding III. Trommel met filters.



Afbeelding IV. Verwerkingstas met rekenmachine.



Afbeelding V. Wijze van meten.

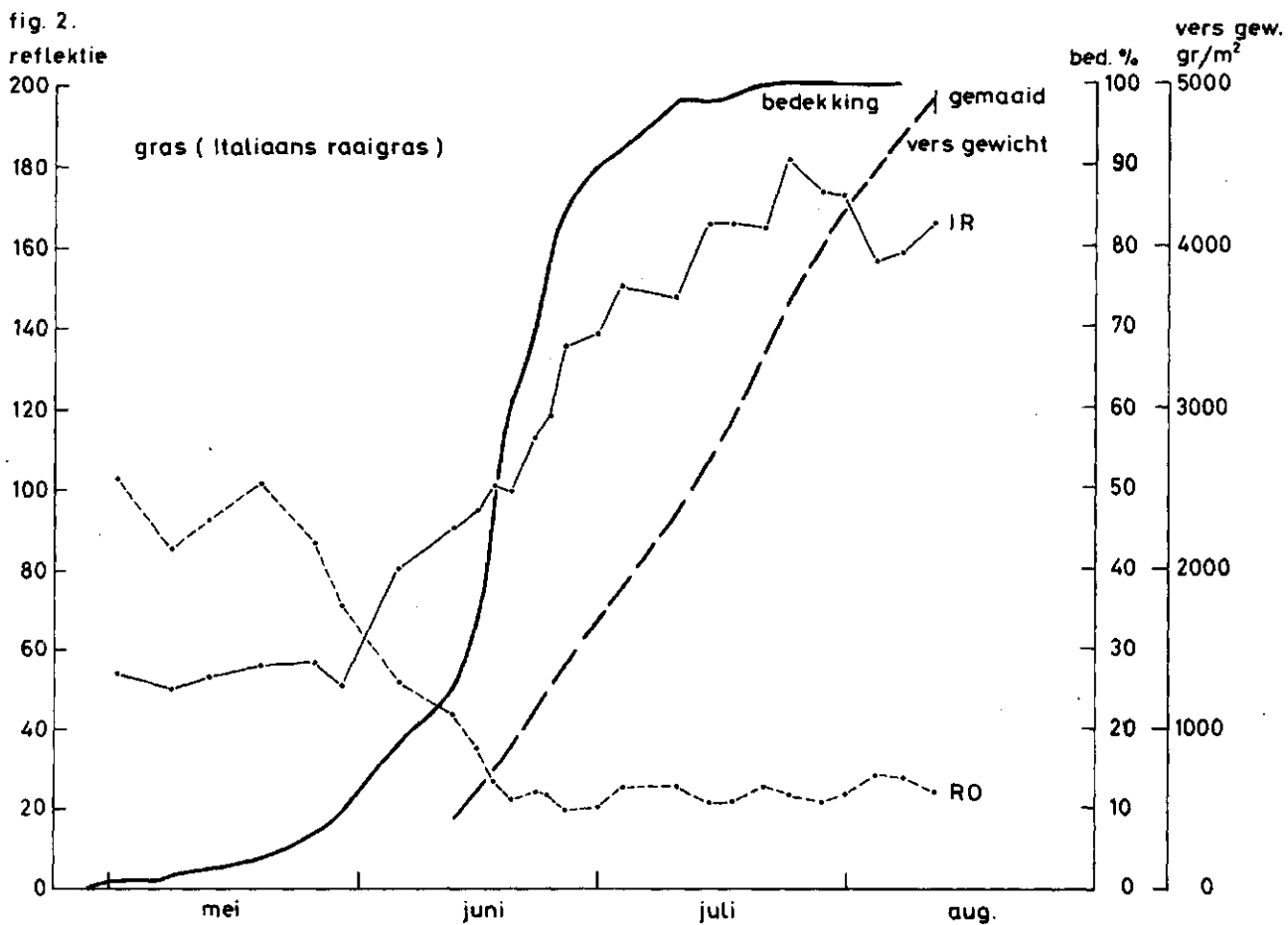
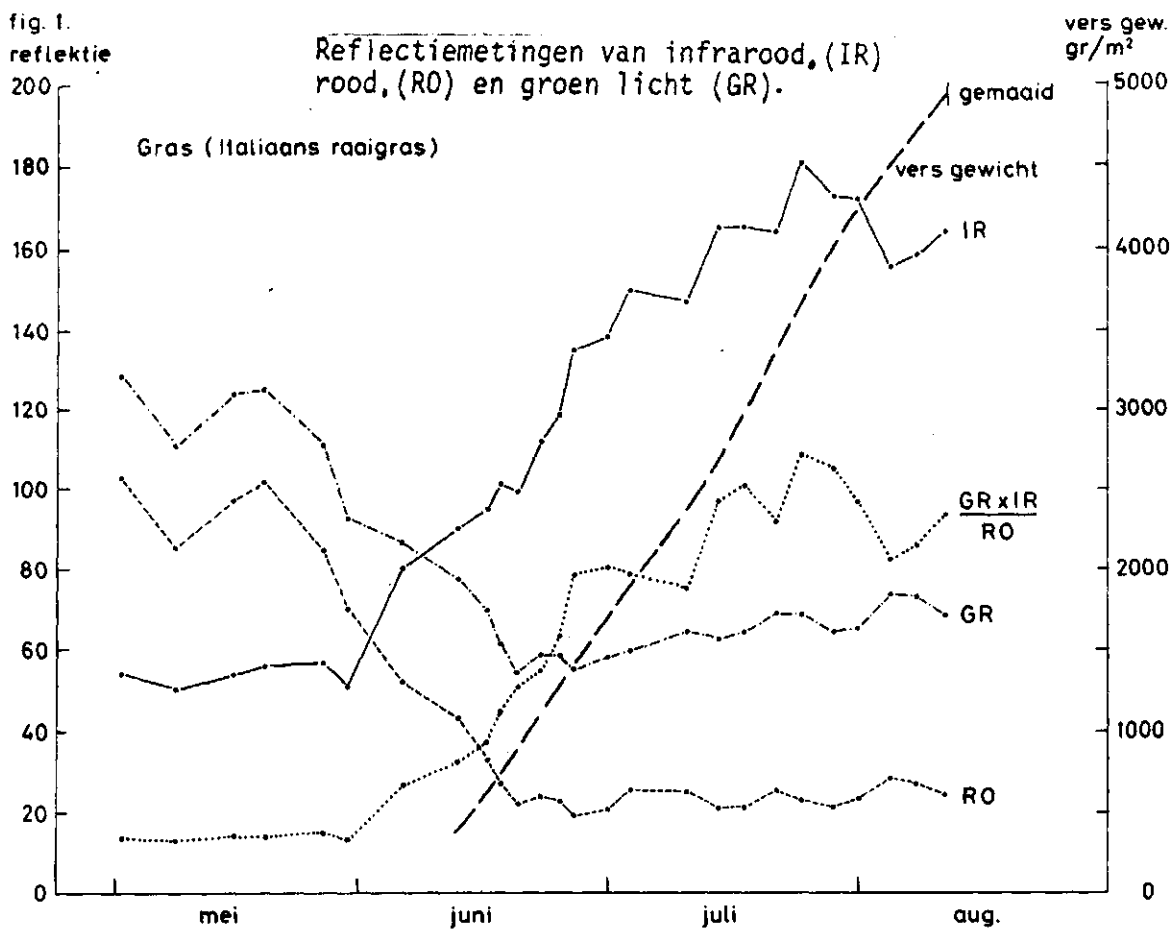


fig. 3
reflektie

Reflektie in een gesloten grasdek.

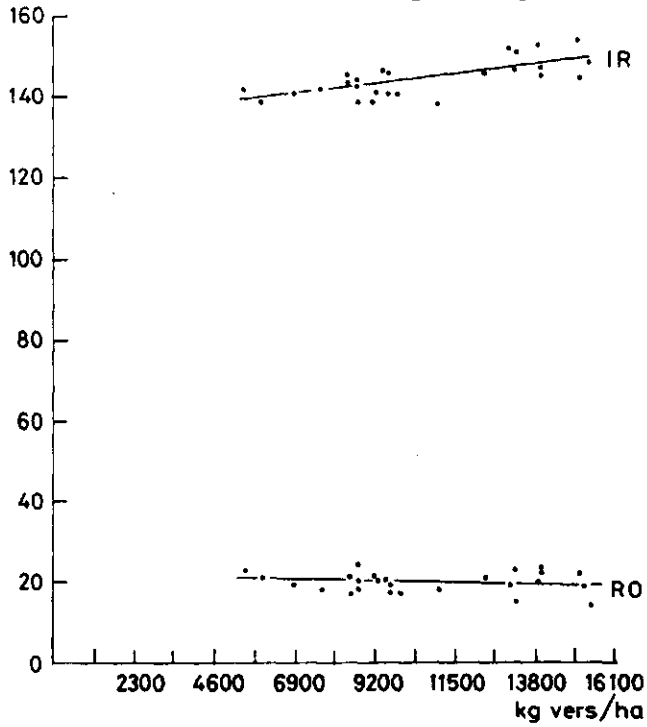


fig. 4.
reflektie

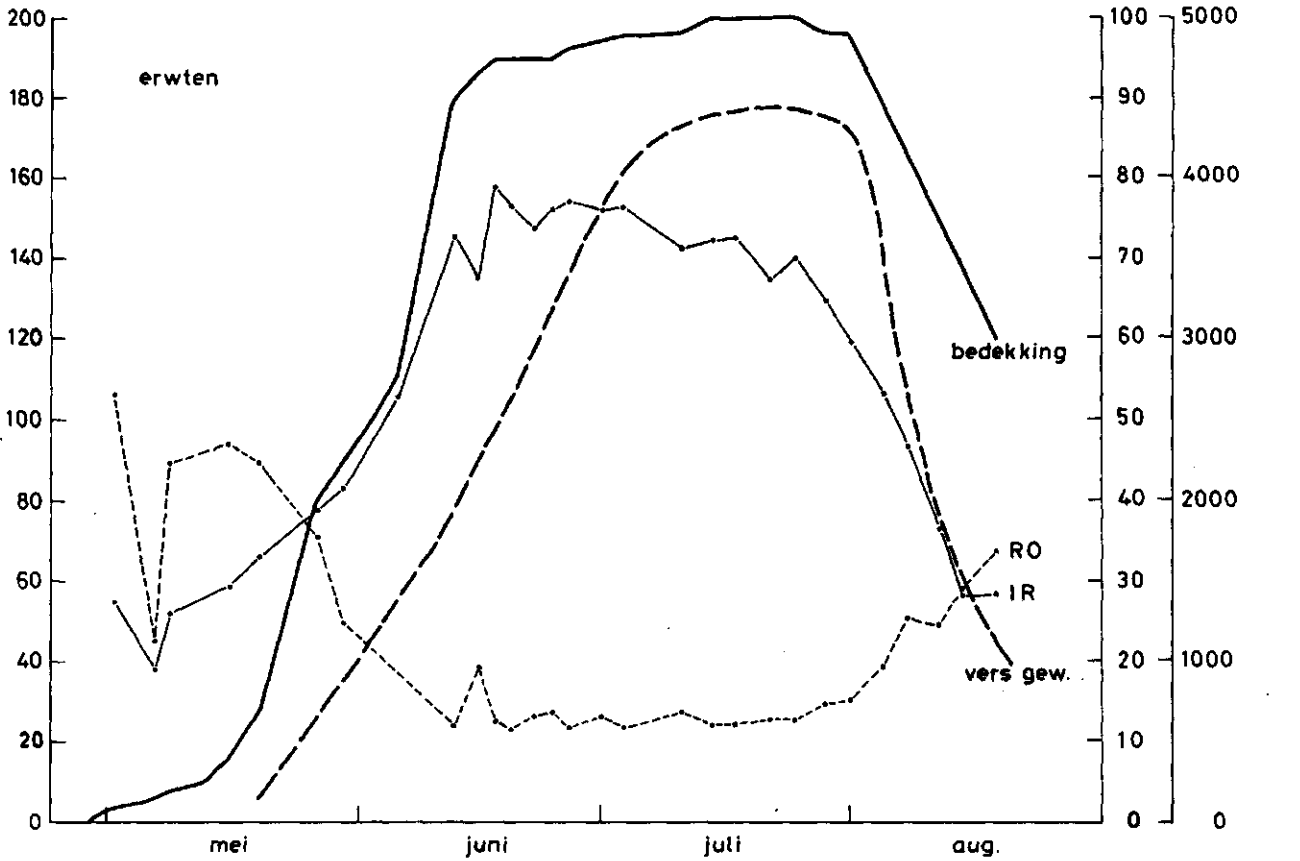


fig. 5.
reflektie
200

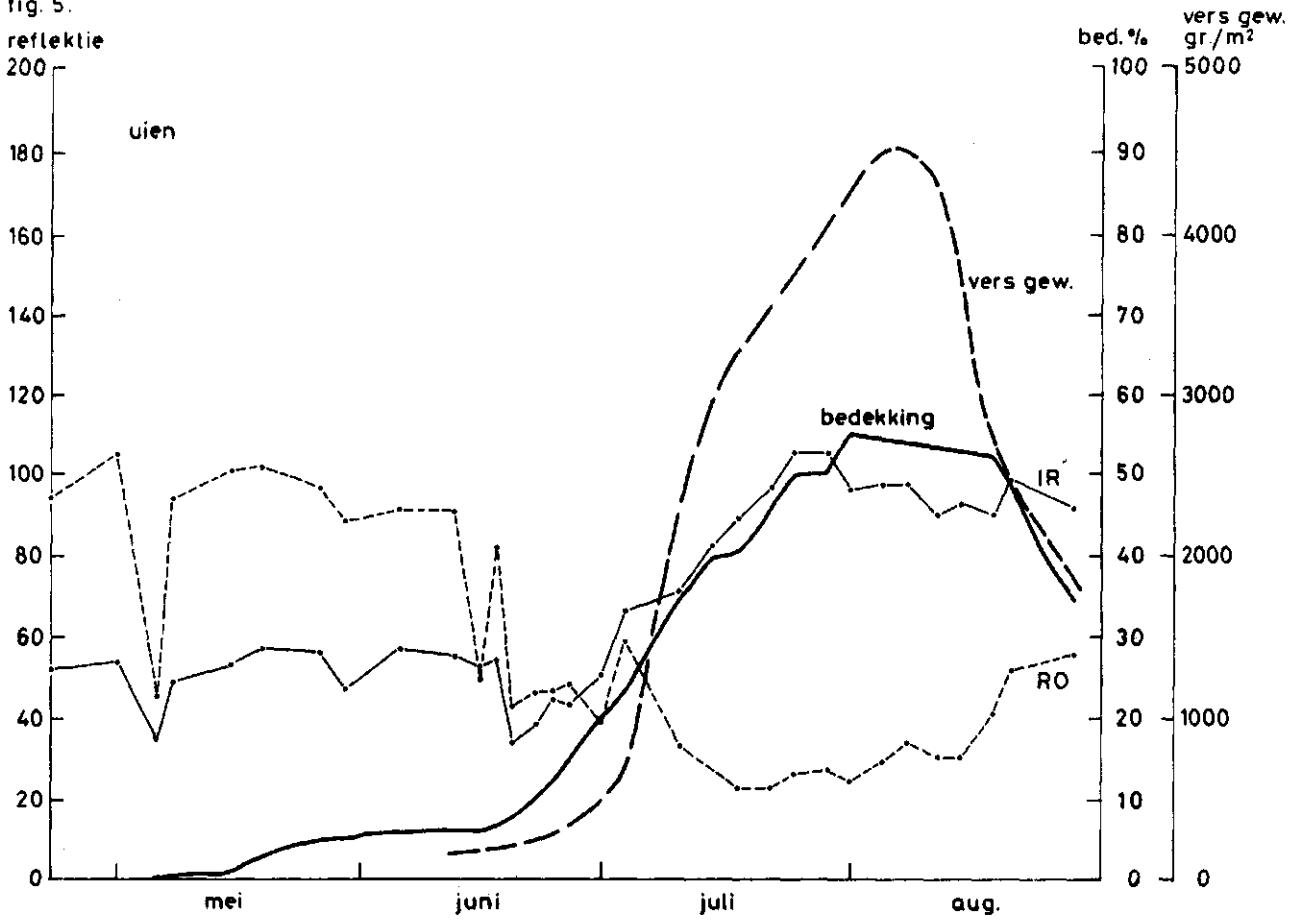


fig. 6.
reflektie
200

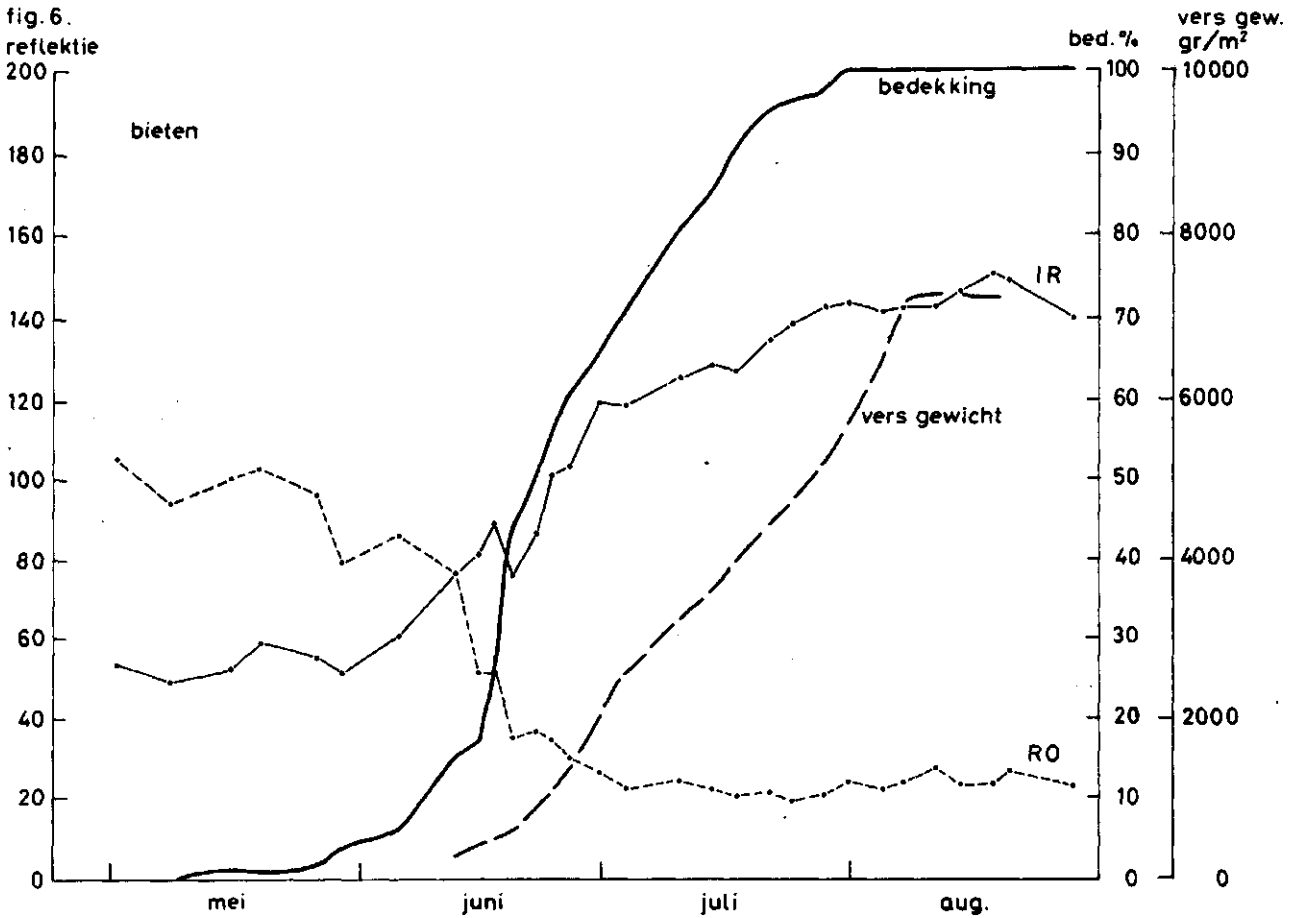


fig. 7.
reflektie

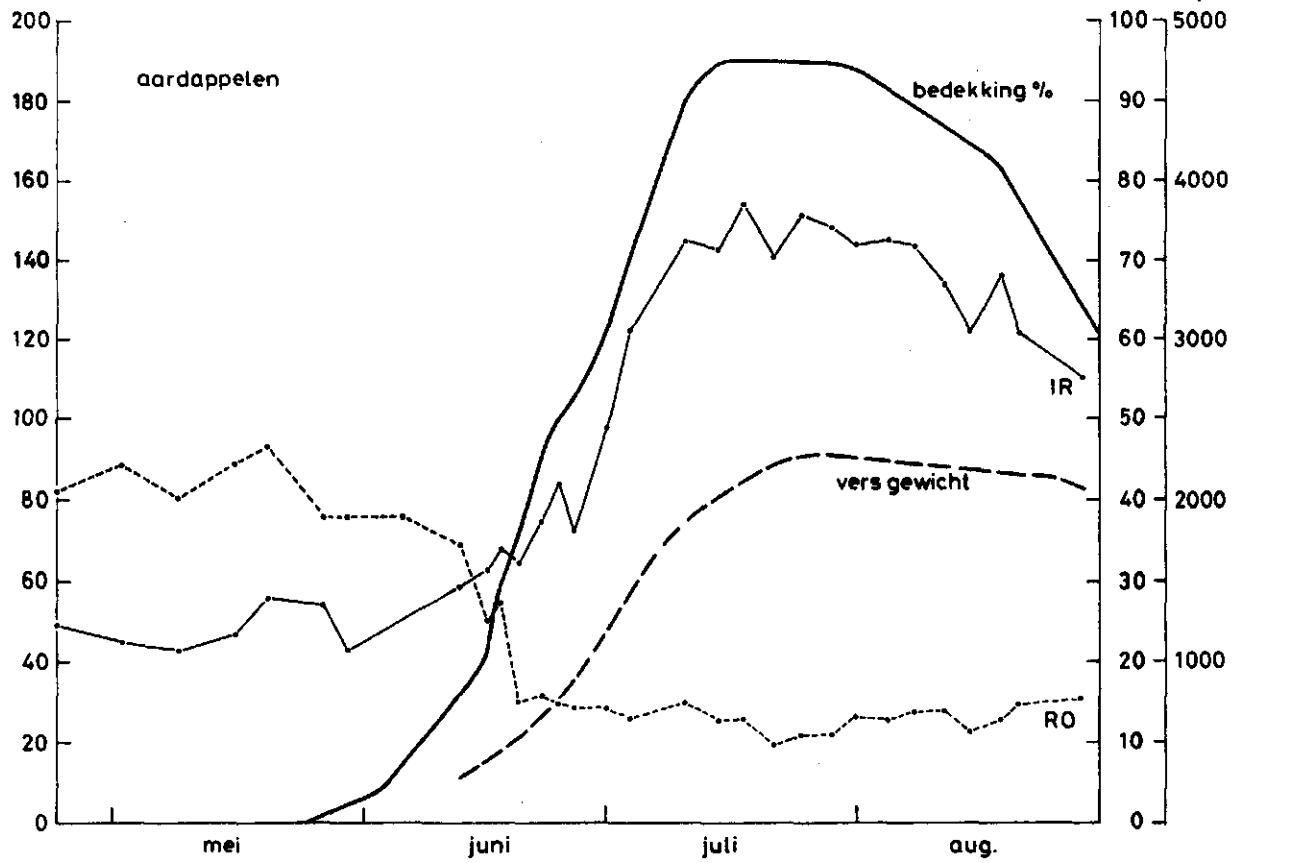


fig. 8.
reflektie

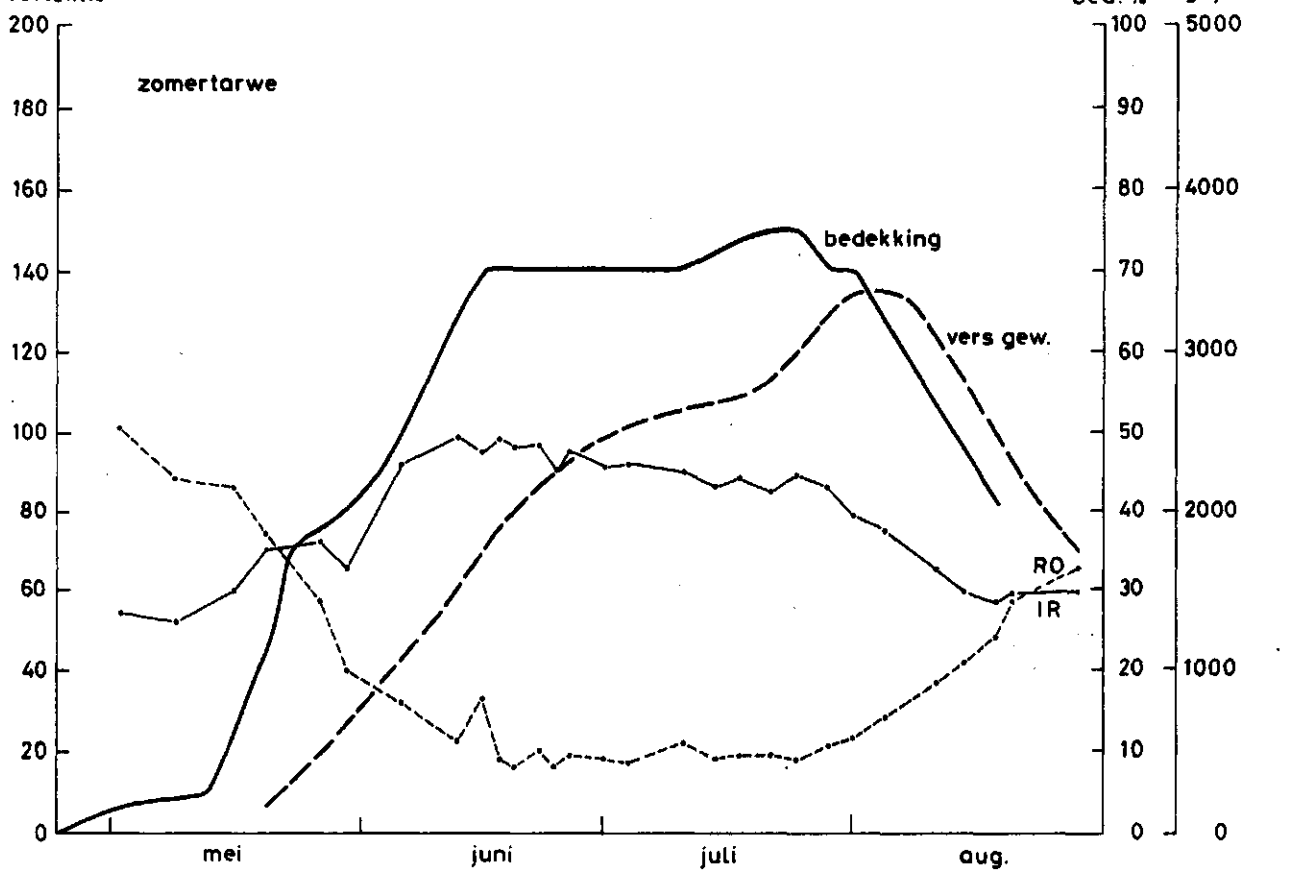


fig. 9.
reflektie

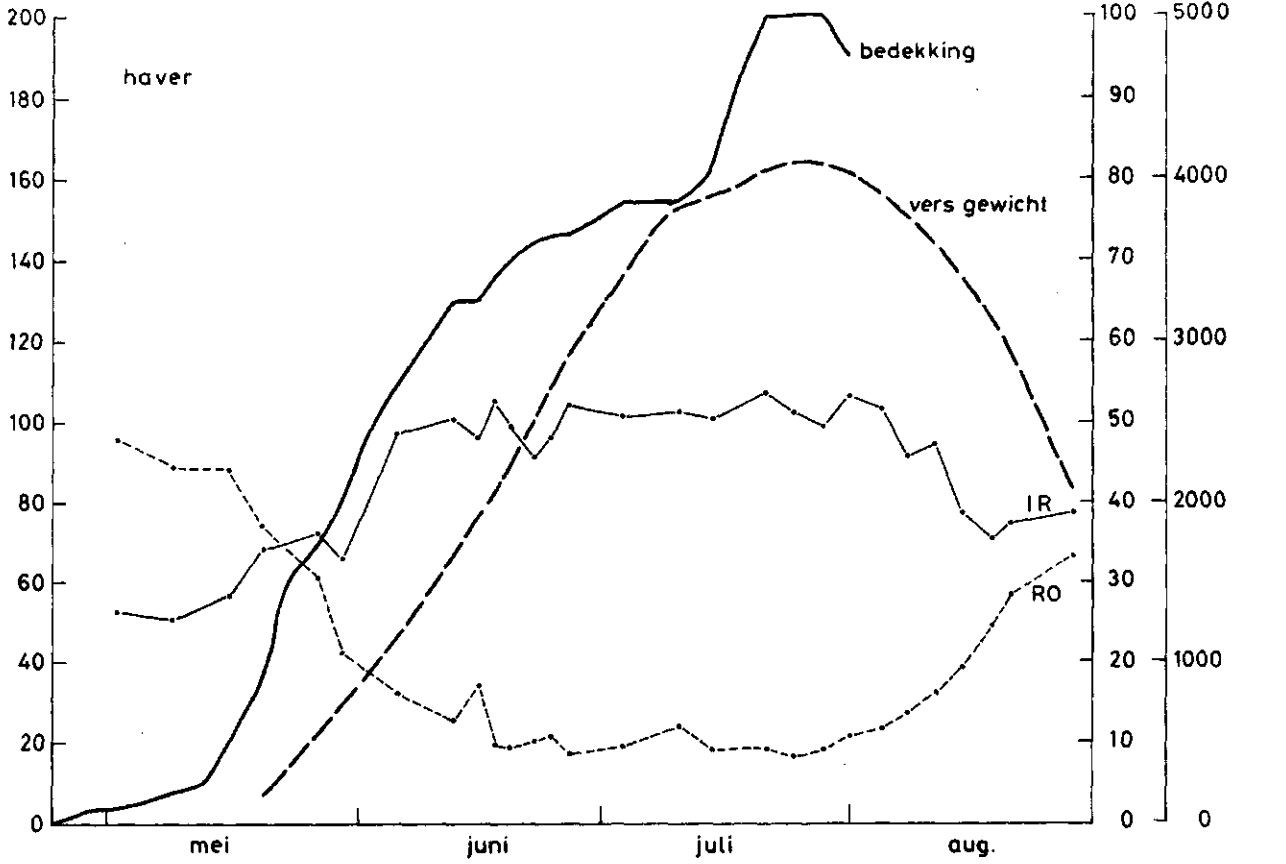


fig. 10
reflektie

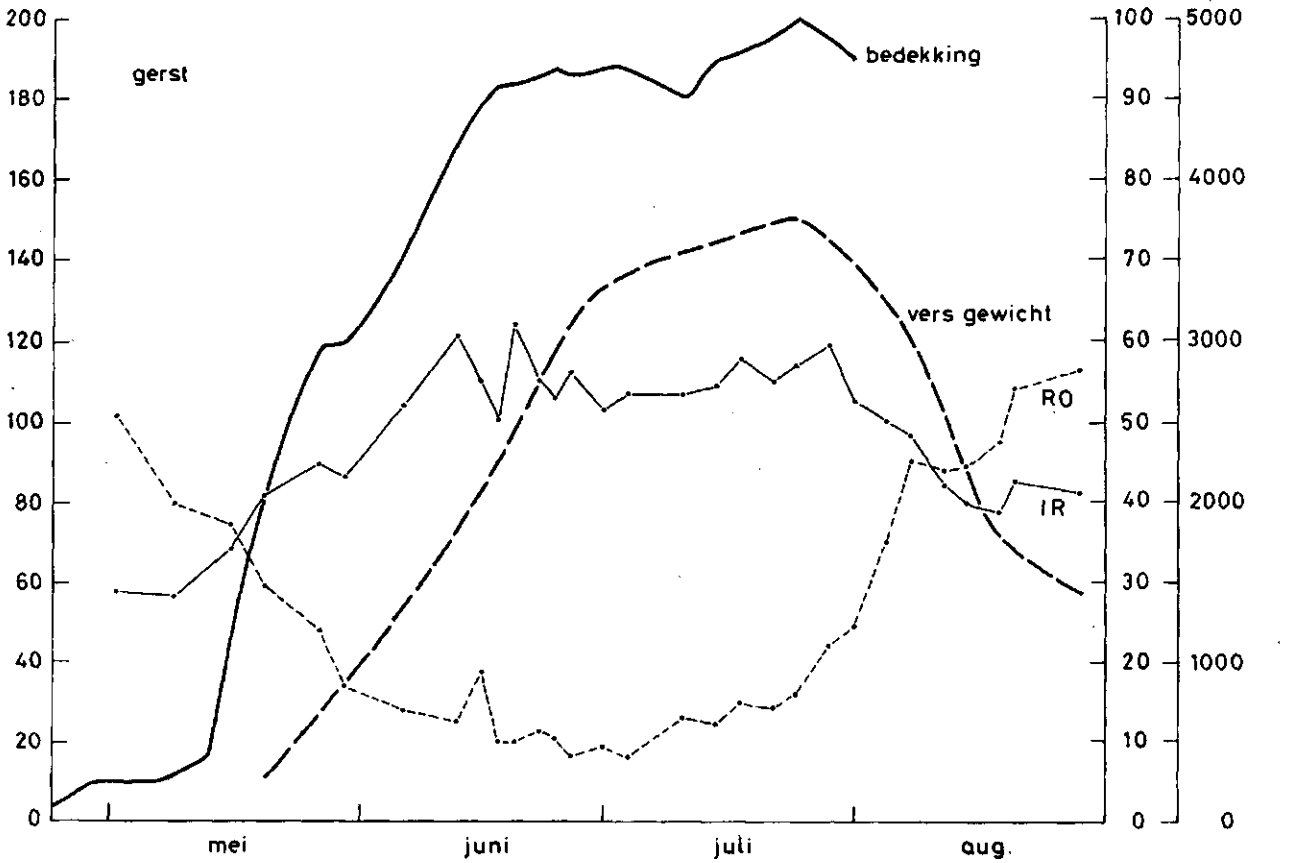


fig. 11.
reflektie

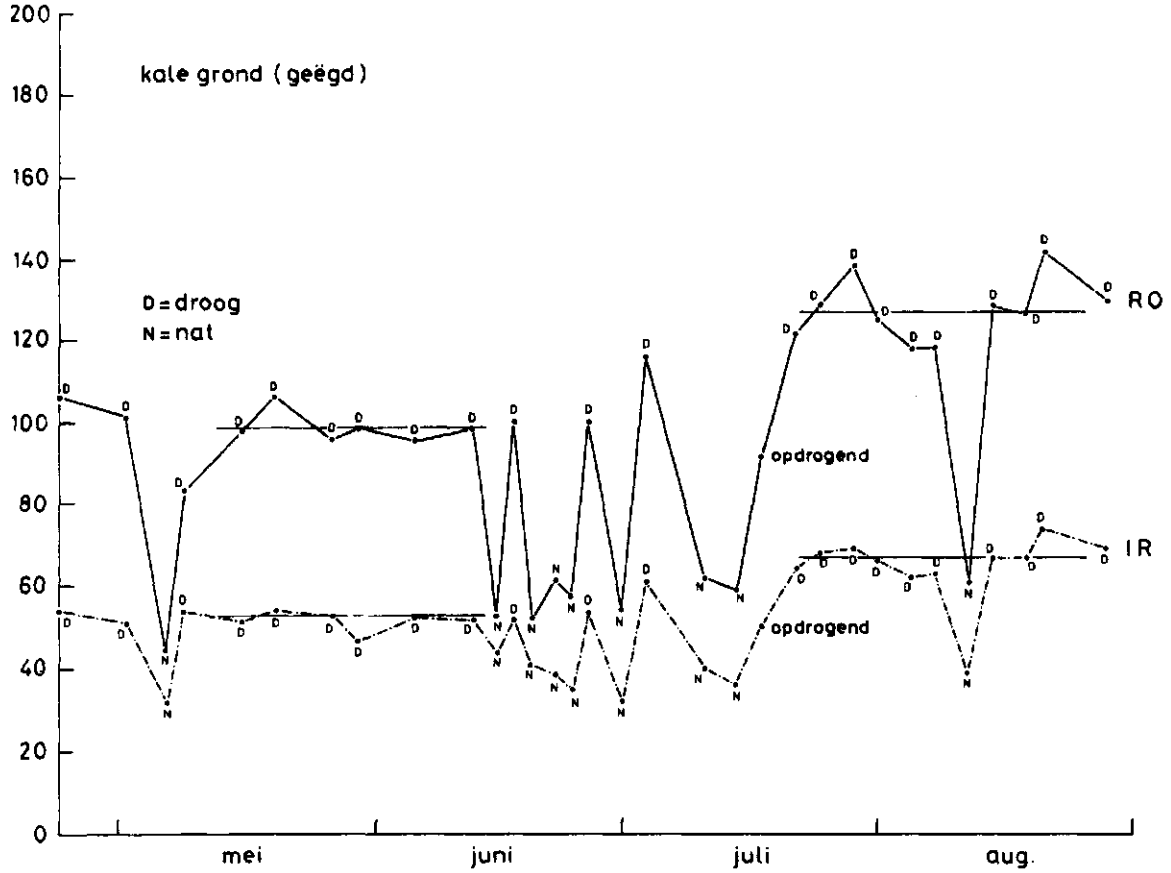
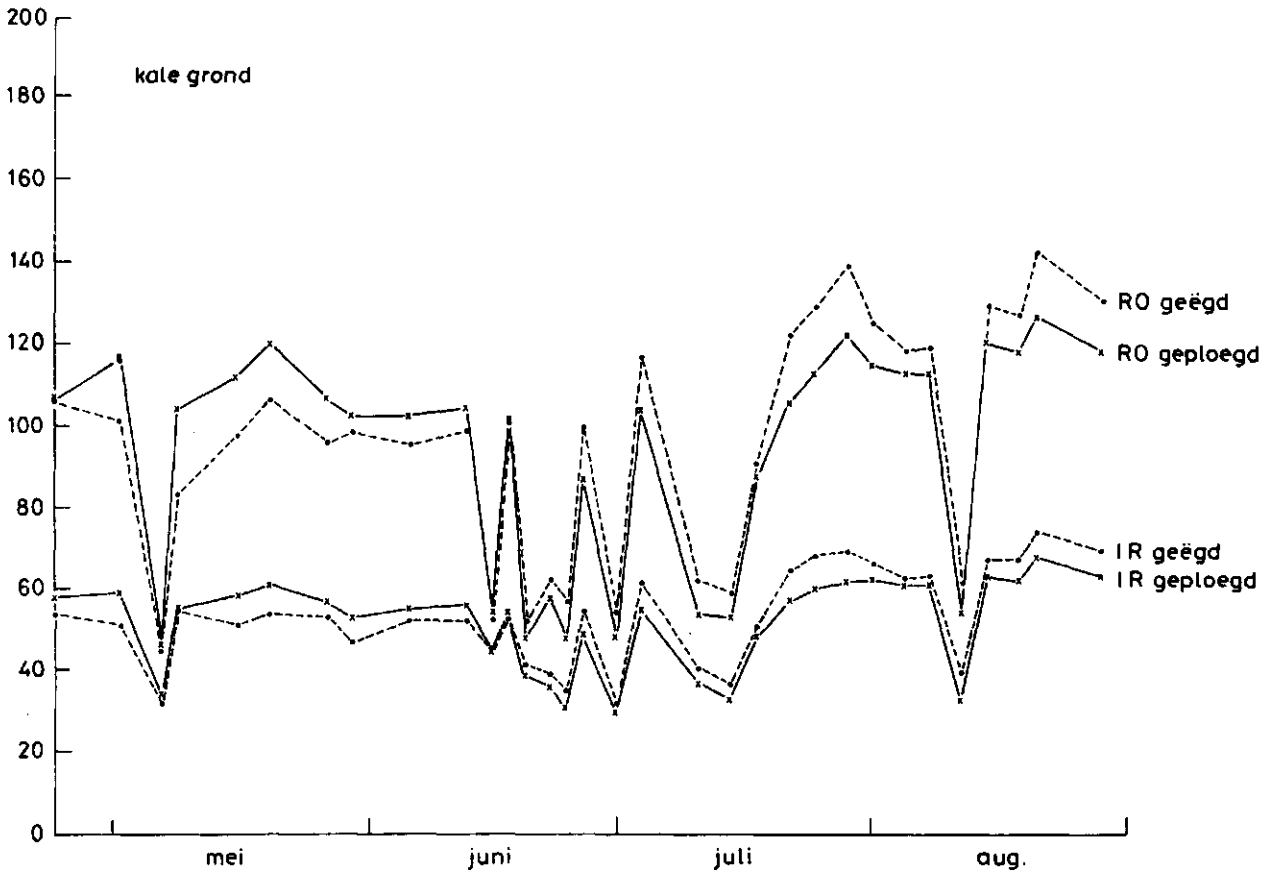


fig. 12.
reflektie



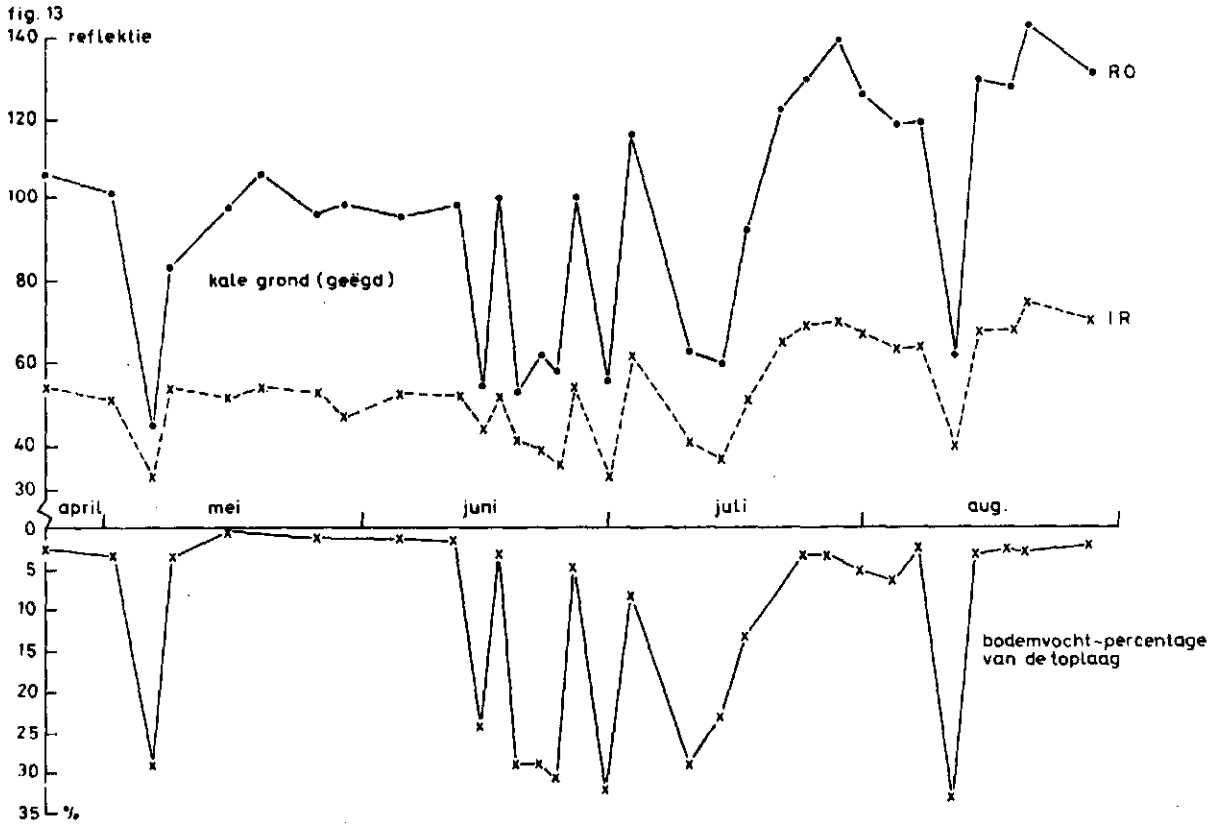


fig. 14
reflektie

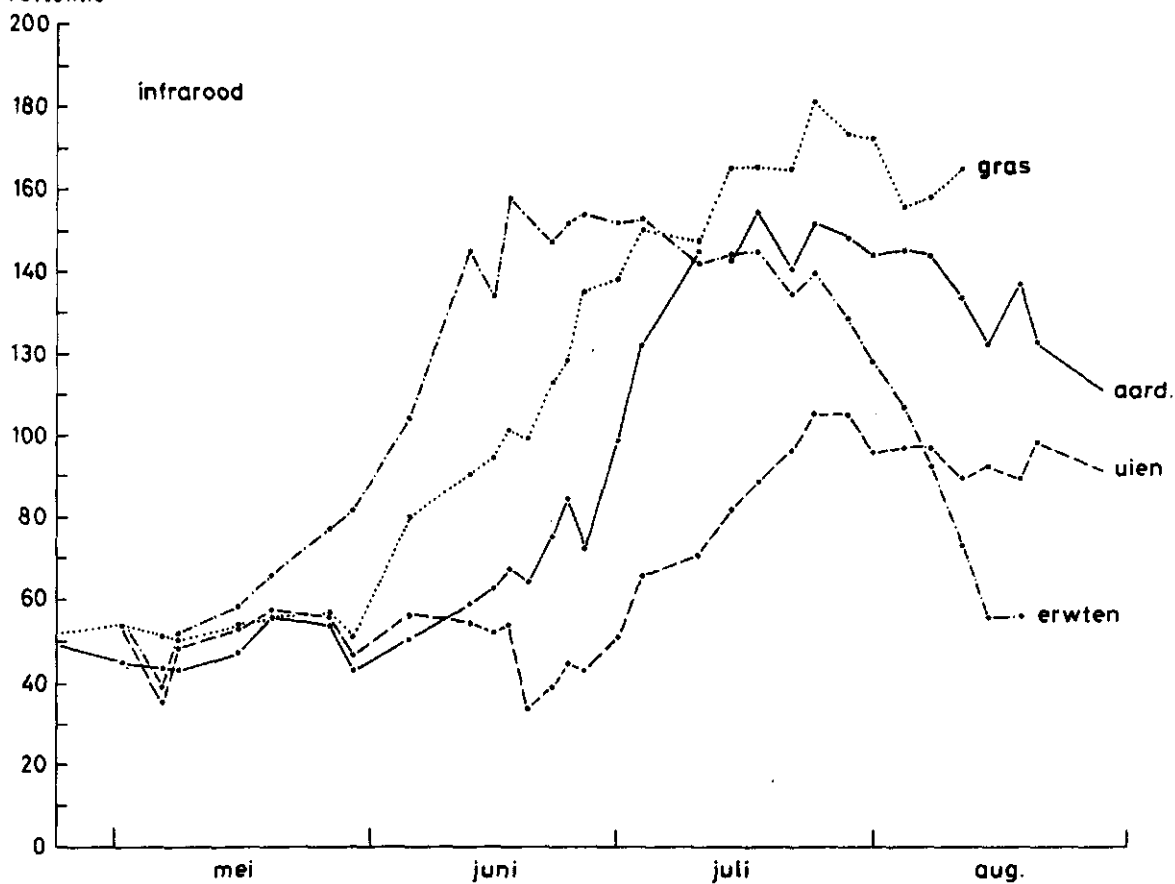


fig. 15.
reflektie

